

© EPODOC / EPO

PN - JP8124521 A 19960517  
PD - 1996-05-17  
PR - JP19940258607 19941025  
OPD - 1994-10-25  
TI - EXCITATION LAMP FOR LASER  
IN - NUMATA SHINOBU  
PA - FUJI ELECTRIC CO LTD  
IC - H01J61/073 ; H01S3/092

© WPI / DERWENT

TI - Flash lamp for laser crystal oscillation in solid-state laser device - considers min. distance of more than 2 millimeters between inner wall surface of insulated tube and anode electrode edge of effective discharge area

PR - JP19940258607 19941025

PN - JP8124521 A 19960517 DW199630 H01J61/073 005pp

PA - (FJIE ) FUJI ELECTRIC CO LTD

IC - H01J61/073 ; H01S3/092

AB - J08124521 The lamp includes a couple of opposing anode (2) and cathode (3) at both ends of an insulated tube (1). The cathode is formed so that an effective discharge area may exist from the cathode to the anode through a curved surface (5).

- The min. distance of the anode in the edge to the inner wall surface of the insulated tube is set more than 2 mm. The inner wall of the tube is tinged by the sputtering of the cathode.
- ADVANTAGE - Provides less maintenance cost since service life of lamp is prolonged. Decreases colonisation by reaction of insulated tube and colouring medium since overheating of tube is prevented from overheating through cooling part.
- (Dwg.1/4)

OPD - 1994-10-25

AN - 1996-292761 [31]

© PAJ / JPO

PN - JP8124521 A 19960517  
PD - 1996-05-17  
AP - JP19940258607 19941025  
IN - NUMATA SHINOBU  
PA - FUJI ELECTRIC CO LTD

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# TI - EXCITATION LAMP FOR LASER

- AB - PURPOSE: To ensure a long service life structure for an excitation lamp for laser by applying the constitution that a negative electrode and a positive electrodes are respectively laid inside both ends of a transparent insulating tube having internal space sealed airtightly and charged with light emitting gases, and both electrodes are led out from the tube airtightly for supplying a pulse of electric current across the electrodes and causing the gases to emit a pulse of light.
- CONSTITUTION: A negative electrode<sup>3</sup> is formed so as to have an effective discharge zone on the surface thereof within smooth curvature 5 projected from the side thereof toward a positive electrode 2. Furthermore, a minimum distance between the end of the zone opposite to the positive electrode and the inner wall of an insulating tube 1 is taken at 2mm or longer. As a result, the coloring of the inner wall of the tube due to the spatter of the material of the electrode 3 can be restrained, and lamp service life can be remarkably extended.
- SI - H01S3/092
- I - H01J61/073

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-124521

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 J 61/073

F

// H 0 1 S 3/092

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-258607

(22) 出願日 平成6年(1994)10月25日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 沼田 忍

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

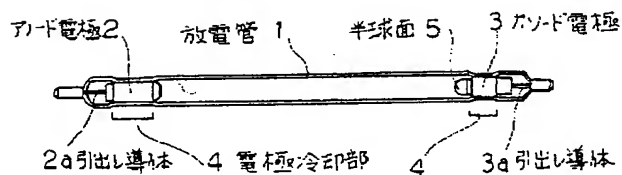
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 レーザ用励起ランプ

(57) 【要約】

【目的】 内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるレーザ用励起ランプを長寿命構造のものとする。

【構成】 カソード電極3表面の有効放電領域がカソード電極3側からアノード電極2側へ凸となる滑らかな曲面5内に存在するようにカソード電極3を形成するとともに、有効放電領域の反アノード電極側端部と絶縁管1内壁面との最小距離を2mm以上として、カソード電極3材料のスパッタによる絶縁管1内壁面の着色を抑え、ランプ寿命を飛躍的に伸ばす。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるレーザ用励起ランプにおいて、カソード電極表面の有効放電領域が、カソード電極側からアノード電極側へ凸となる滑らかな曲面内に存在するようにカソード電極が形成されるとともに該有効放電領域の反アノード電極側端部と絶縁管内壁面との最小距離を2mm以上としたことを特徴とするレーザ用励起ランプ。

【請求項2】 請求項1に記載の励起ランプにおいて、アノード電極側表面が曲面に形成されるカソード電極は、中実部材を用いて該曲面を一端に形成した柱状体に形成されるとともに、該柱状体の直柱部が、曲面上の有効放電領域の絶縁管軸線方向投影面積と同等の断面積と、この断面積の4.5倍以上の周面面積とを通して前記曲面上に発生した熱を直柱部周面に沿う絶縁管管壁から外部の冷却媒体中へ導出するように形成されていることを特徴とするレーザ用励起ランプ。

【請求項3】 請求項1または2に記載の励起ランプにおいて、カソード電極表面の有効放電領域内の最大平均電流密度が $3\text{ A/mm}^2$ 以下となるように曲面が形成されていることを特徴とするレーザ用励起ランプ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、レーザ結晶をパルス状に照射してレーザをパルス発振させるための励起ランプに関し、より詳しくは、内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるレーザ用励起ランプに関する。

【0002】

【従来の技術】 レーザ結晶をレーザ光の発振媒体とする固体レーザ装置では、発振するためのレーザ結晶の励起に光エネルギーが用いられ、この光エネルギーは通常ランプを用いて発生させられる。レーザをパルス動作させる場合に用いるランプは特にフラッシュランプと呼ばれ、従来一般に、内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるものが用いられている。発光用ガスにはKrやXe等が用いられ、両電極間に電流を通過させて両電極間を放電状態にすると、ガスが励起されて紫外域に強い輝線スペクトルをもち、可視域、赤外域に日光に類似した連続スペクトルをもつ光が発生する。図2および図3にそれぞれ、従来用いられてきた高入力タイプの励起ランプの異なる構造例を示す。

【0003】 高入力タイプの励起ランプでは、アノード電極2と、カソード電極3との間の絶縁管（以下放電管という）内径を太くして放電中のアーク電流密度を下げ、アーク温度を上げ過ぎないようにして放電管を熱破壊から守るようにする。そして、従来のランプでは、図のように、アノード電極2とカソード電極3とが位置するそれぞれ両端部を細くして両端部の把持に便ならしめている。この細径部4は、外部の冷却媒体により放電管管壁を介して電極を冷却するための電極冷却部でもあり、ランプの非使用中は、棒状に形成された電極と放電管内壁面との間には僅少な隙間が存在するが、使用中は電極が加熱されるため、棒状電極と放電管内壁面とは実質的に接触状態となり、この細径部4を外から水冷却することにより、各電極の過度の温度上昇を抑えるようにしている。また、電極構造は、アノード電極とカソード電極とで異なり、図2のランプでは、アノード電極2がカソード電極3側表面を球面の一部としたのみの単純な棒状のものであるのに対し、カソード電極3は、アノード電極2側先端部がきのこ状にくびれた形状に形成されている。これは、ランプの放電時に加熱されるカソード電極表面の温度を高温に保持して熱電子放出を行わせることにより、繰り返し行うワンショットごとの放電を安定に行わせるためであり、きのこ状のくびれの部分が熱伝導を抑えてカソード電極表面を高温に保つ。また、図3のランプでは、アノード電極2は図2のものと同一構造であるが、カソード電極3は、アノード電極2側先端部が細径の柱状に形成されている。細径の柱状とする理由は、アノード電極2側表面の電流密度を上げて表面温度を上昇させるとともに、熱伝導断面積を小さくして表面を高温に保持し、熱電子放出を効果的に行わせるためである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述のような構造をもつ従来の高入力タイプのフラッシュランプでは、電極の消耗や、透明な放電管の着色による照射光量の低下が早く、使用寿命が短く、本発明者による試験結果によれば、レーザ出力が初期の80%となった時点ランプの寿命と定義した場合、ランプの寿命は $1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5$ ショットであり、利用可能なショット数が少なく、レーザのランニングコストやメンテナンスコストが高くなるため、実用上の利用は無理であり、長寿命構造のランプの実現が要望されていた。この要望に応えるため、本発明者は、電極の消耗を少なくし、かつ電極材の蒸発と放電管の加熱とによる放電管の着色（放電管の着色は電極材の蒸発によるだけでなく、放電管の管材が熱により化学変化を起こすことにもよると考えられており、管材に石英を用いた場合、放電管が茶色や黄色に着

3

色し、さらには放電管にクラックが発生したり、放電管の破壊を起こすことが少なくなかった)を減らすため、アノード電極、カソード電極ともに図4に示すように太くしてランプの細径部を無くし、直管状のものとしてみた。これにより、両電極表面の電流密度が小さくなり、電極の温度上昇が抑えられ、電極の消耗量が低下し、アノード電極近傍では、電極材であるタングステンによる放電管の着色と、放電管管材の高温下での化学変化に基づく着色とを必要、十分に小さくすることができた。しかし、カソード電極近傍では、電極材が添加物は含むものほとんど全量をタングステンとしており、実質的にアノード電極と同一材料であるにもかかわらず、放電管着色の進行が小さくならず、このため、ランプ寿命の改善を図ることができない結果となった。

【0005】本発明の目的は、従来のランプ構造を大幅に変更することなく長寿命構造のフラッシュランプを実現させることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明においては、本発明が対象とするレーザ励起用フラッシュランプ、すなわち、内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるレーザ励起用ランプを、請求項1に記載のごとく、カソード電極表面の有効放電領域が、カソード電極側からアノード電極側へ凸となる滑らかな曲面内に存在するようにカソード電極が形成されるとともに該有効放電領域の反アノード電極側端部と絶縁管内壁面との最小距離を2mm以上としたランプとする。

【0007】この場合、アノード電極側表面が曲面に形成されるカソード電極は、請求項2に記載のごとく、中実部材を用いて該曲面を一端に形成した柱状体に形成されるとともに、該柱状体の直柱部が、曲面上の有効放電領域の絶縁管軸線方向投影面積と同等の断面積と、この断面積の4.5倍以上の周面面積とを通して前記曲面上に発生した熱を直柱部周面に沿う絶縁管管壁から外部の冷却媒体中へ導出するように形成されたものとするれば極めて好適である。

【0008】なお、上記いずれの場合にも、カソード電極表面の有効放電領域内の最大平均電流密度は $3\text{ A/m}^2$ 以下となるように曲面が形成するのがよい。

【0009】

【作用】この発明は、カソード電極の直径を太くしてアノード電極側表面の電流密度を下げ、電極の温度上昇を抑えるとともに電極の消耗を少なくしてもカソード電極近傍の放電管の着色が小さくならない原因として、カソード電極表面直前の陰極降下に着目したものである。カソード電極表面直前の陰極降下は、アノード電極からカ

4

ソード電極に到る放電路中、アノード電極からカソード電極表面直前まで緩やか勾配で降下してきた電位がカソード電極表面直前で急峻にかつ大幅に降下量を増す現象であり、この陰極降下領域でイオンが急速に加速されてカソード電極表面に衝突し、カソード電極表面から電極材料の原子、分子を叩き出す。叩き出された原子、分子はそのほとんどが非荷電粒子であるために、カソード電極表面近傍の強電界を含むアノード電極、カソード電極間の電界に拘束されることなくランダムな方向に飛散し、放電管内壁面に付着して放電管を着色させる。このとき原子、分子の飛散距離は、放電管内に充填された発光用ガス分子との衝突のためにおのずから限界が生じ、かつ飛散距離とともに原子、分子の空間密度が低下する。本発明者の試験結果によれば、放電ショットの繰り返しによる着色の進行を必要、十分な程度にまで小さくするには、発光用ガスが数千～数万Paの比較的高圧力に充填されてガス分子の空間密度が高く、叩き出された原子、分子の飛散を妨げるガス分子数の多い励起ランプの場合でも、カソード電極表面の有効放電領域端部から放電管内壁面までの最小距離を2mm以上とする必要のあることが確認された。一方、アノード電極側では、アノード電極表面に衝突する荷電粒子が電子であり、電極材料の原子核と比べて質量が極めて小さく、衝突時に電極材料の原子、分子にみずからの運動エネルギーを与えて電極材料の温度を上昇させることはできるが、原子、分子を叩き出すことはできない。従って、アノード電極側の放電管の着色は、アノード電極寸法を径方向に大きくして電流密度を下げ、あるいは軸方向に長くして冷却面積を増す等して温度上昇を抑制するのみで必要、十分に抑えることができる。なお、カソード電極表面を滑らかな曲面とするのは、滑らかな曲面とすることにより、電極表面の局所的な電流集中をなくし、電極表面の局所的な消耗と放電管の局所的な着色を少なくして、曲面上の有効放電領域端部と放電管内壁面との最小距離を2mm以上とした着色防止対策を効果的に機能させるためである。

【0010】そして、励起ランプを上述の構造とする場合、カソード電極が、請求項2に記載のごとく、中実部材を用いて該曲面を一端に形成した柱状体に形成されるとともに、該柱状体の直柱部が、曲面上の有効放電領域の絶縁管軸線方向投影面積と同等の断面積と、この断面積の4.5倍以上の周面面積とを通して前記曲面上に発生した熱を直柱部周面に沿う絶縁管管壁から外部の冷却媒体中へ導出するように形成されたものとするれば、カソード電極表面に発生した熱を、ワンショットごとの放電を安定に行わせるためのカソード電極表面からの熱電子放出を可能にするだけの熱を残して冷却媒体中へ導出することができるので、カソード電極表面が過熱されなくなり、電極材の蒸発が抑えられ、かつ放電管管壁の過熱もなくなって放電管の管材と冷却媒体(冷却媒体が水

である場合には水蒸気)との反応による放電管管壁の着色も少なくなるため、請求項1記載の構造により従来のものから大幅に延長されたランプ寿命を、さらに延長することができる。

【0011】そして、励起ランプの構造を請求項1記載のものとする場合、あるいはさらに、カソード電極の具体構造を請求項2記載のものとする場合のいずれの場合にも、本発明者の試験結果では、1回の放電電荷量(この電荷量は放電電源を構成するコンデンサの静電容量と充電電圧とから求まる)をパルス幅(放電電流波形の立上り時点から立下り完了時点までの時間)で除した平均電流のカソード電極表面面密度がカソード電極表面で最大となる位置で $3\text{ A/mm}^2$ を超えないようにカソード電極を形成すると、放電管着色の進行が無視できるほど小さくなり、請求項1または2に記載の構造により得られるランプ寿命を低下させないですむ。

【0012】

【実施例】図1に本発明の一実施例を示す。この実施例は、高入力用励起ランプとして現在使用されているランプの中でもアノード電極、カソード電極間の管径の太い、内径13mm程度のものを対象としたもので、中実部材を用いていずれも柱状体に形成されるアノード電極2、カソード電極3の直柱部の最大径を放電管1の内径とほぼ同等とし、ランプ全体がほぼ直管に形成されている。放電管1は管材に石英を用いて形成され、アノード電極2、カソード電極3を構成する各柱状体から軸線方向外方へ延びる棒状の引出し導体2a、3aにより端部を気密に貫通され、引出し導体の各導出部がそれぞれ電源に接続される。そして、アノード電極2のカソード電極3側表面は、直柱部に滑らかに接続する、比較的平坦な曲面とし、また、カソード電極3は、アノード電極2側表面を、放電管内径より直径が4mm以上小さい半球面に形成し、半球面上の有効放電領域の反アノード電極側端部が放電管1の内壁面から2mm以上離れるようにするとともに、有効放電領域内の最大平均電流密度が $3\text{ A/mm}^2$ 以下となるような放電電流波形で所定の励起エネルギーを注入するようにしている。有効放電領域の反アノード電極2側端部の直径は、試験結果から、半球面の直径とほとんど同じであるので、放電時にカソード電極3表面に生じた熱は有効放電領域の放電管軸線方向投影面積と同等の面積で直柱部へ伝達されることになる。これにより、半球面上の有効放電領域は過熱もされず、過冷もされず、放電を安定に行わせるための熱電子放出に必要、十分な温度に保たれ、また、電極の消耗も進まない。また、直柱部は、繰返し放電中に熱膨張によって放電管内壁面と接触する周面の軸方向長さを、接触面積が前記半球面の底面面積の4.5倍以上となる長さとしているので、直柱部に伝達された熱は残らず放電管管壁を介して冷却媒体中へ導出され、直柱部の過熱が避けられる。本実施例のランプを用いた試験の結果、12

kW以上の高入力動作で、レーザ出力が初期の80%となるまでの放電ショット数は $4 \times 10^7$ 以上となり、従来より1桁以上の長寿命が確認された。

【0013】

【発明の効果】本発明においては、レーザ結晶励起用フラッシュランプ、すなわち、内部空間が気密に封止されて発光用ガスが充填される透明な絶縁管の両端部のそれぞれ内側にアノード電極とカソード電極とが配されて該両電極が絶縁管から気密に導出され該両電極間に電流をパルス状に通過させて発光用ガスをパルス状に発光させるレーザ用励起ランプを以上の構造のものとしたので、以下に記載する効果が得られる。

【0014】請求項1に記載の構造では、カソード電極表面の有効放電領域が、カソード電極側からアノード電極側へ凸となる滑らかな曲面内に存在するようにカソード電極が形成されるとともに該有効放電領域の反アノード電極側端部と絶縁管内壁面との最小距離を2mm以上としたので、カソード電極表面に形成された陰極降下領域で加速されたイオンによりカソード電極材料から叩き出され、比較的高圧力に充填された発光用ガス分子との衝突により飛散距離を抑えられた原子、分子のうち、放電管内壁面に到達する個数割合が大幅に低減するため、放電管内壁面の着色が進まなくなり、ランプ寿命が従来と比べて飛躍的に長くなる。しかも、カソード電極表面は滑らかな曲面としているので電流の集中がなく、電極表面の局所的な過熱が生じないので電極材料の消耗が減り、また、絶縁管内壁面の局所的な着色が避けられ、カソード電極表面の有効放電領域端部と絶縁管内壁面との最小距離を2mm以上とする長寿命化対策を有効に機能させることができる。これにより、レーザのランニングコストやメンテナンスコストが大幅に低下する。

【0015】請求項2に記載の構造では、請求項1記載のランプ構造をとる場合のカソード電極の具体構造として、カソード電極が、中実部材を用いて該曲面を一方端に形成した柱状体に形成されるとともに、該柱状体の直柱部が、曲面上の有効放電領域の絶縁管軸線方向投影面積と同等の断面積と、この断面積の4.5倍以上の周面面積とを通して前記曲面上に発生した熱を直柱部周面に沿う絶縁管管壁から外部の冷却媒体中へ導出するように形成されたものとしたので、カソード電極表面に発生した熱を、放電を安定に行うための熱電子放出に必要な熱を残して冷却媒体中へ導出することができ、カソード電極直柱部の過熱が避けられ、直柱部と接触する絶縁管管壁の過熱も避けられるため、絶縁管と冷却媒体との反応による着色が少なくなり、ランプのより長寿命化が可能になる。

【0016】請求項3記載の構造では、カソード電極表面の有効放電領域内の最大平均電流密度 $3\text{ A/mm}^2$ 以下となるようにカソード電極が形成されるので、カソード電極の温度上昇による電極材料の蒸発や、蒸発による



7

絶縁管内壁面の着色が無視できる程度に小さくなり、請求項1あるいは2に記載の構造によって得られるランプ寿命を短縮することなく保持させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるレーザ用励起ランプ構造の一実施例を示す断面図

【図2】 従来のレーザ用励起ランプ構造の一例を示す断面図

【図3】 従来のレーザ用励起ランプ構造の、図2と異なる別の例を示す断面図

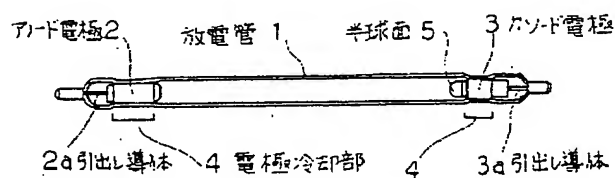
8

【図4】 従来構造のレーザ用励起ランプより長寿命を目指した試作ランプの構造を示す断面図

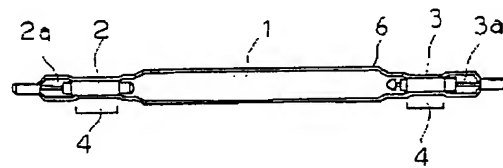
【符号の説明】

- 1 放電管（絶縁管）
- 2 アノード電極
- 2a 引出し導体
- 3 カソード電極
- 3a 引出し導体
- 4 電極冷却部
- 5 半球面（曲面）

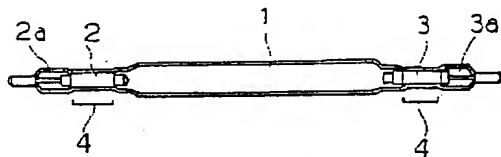
【図1】



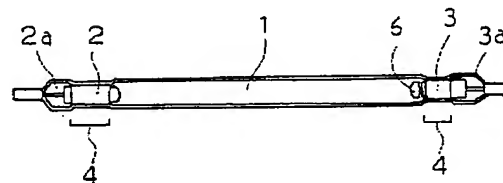
【図2】



【図3】



【図4】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**